

AE



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 41 00 719 A 1**

51 Int. Cl.⁵:
H03 K 3/53
H 02 M 3/00
H 01 S 3/097

21 Aktenzeichen: P 41 00 719.0
22 Anmeldetag: 10. 1. 91
43 Offenlegungstag: 16. 7. 92

DE 41 00 719 A 1

71 Anmelder:

LAR-Laser and Analytical Research Analytik &
Umweltmeßtechnik GmbH, 1000 Berlin, DE

74 Vertreter:

Christiansen, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 1000 Berlin

72 Erfinder:

Winkelmann, Gerhard, Dr., O-1185 Berlin, DE;
Osmanow, Rustem, Dr., O-1134 Berlin, DE

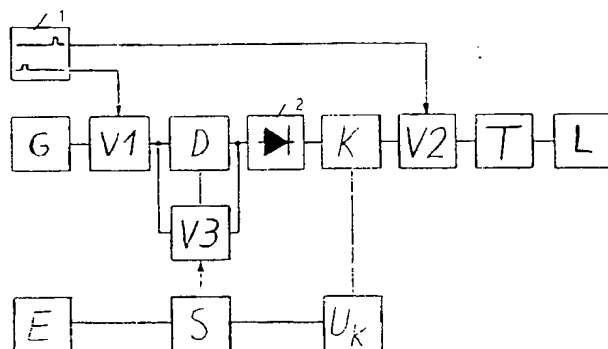
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 35 00 182 A1
DE 31 16 447 A1

TIETZE, U.;
SCHENK, Ch: Halbleiter-Schaltungstechnik,
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1974,
3. Aufl., S.34-35;
JP 57-132761 A., In: Patents Abstracts of Japan,
E-142, November 16, 1982, Vol.6, No.230;

54 Schaltung zur stabilisierten Erzeugung von Hochspannungsimpulsen

- 57 Die stabilisierte gepulste Hochspannungsversorgung, vorzugsweise für die Aufladung von Kondensatoren, ist ausgehend von einer Gleichspannungsquelle (G) ein durch die elektronischen zeitlich verzögert getriggerten Schaltelemente (V1, V2) getaktetes Netzteil. Die Impulsspannungsstabilisierung wird auf der Niederspannungsseite des die Hochspannung erzeugenden vorzugsweise in Resonanz arbeitenden Impulstransformators (T) durch die während der Spannungsverdopplung über das Schaltelement (V3) abschaltbare Drossel (D) erreicht, wobei das Steuersignal dafür durch Vergleich (S) zwischen der Spannung am Kondensator (K) und dem einstellbaren Sollwert (E) gewonnen wird.



DE 41 00 719 A 1

Die Erfindung betrifft eine Schaltung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltung zur stabilisierten gepulsten Hochspannungsversorgung, vorzugsweise zur wiederholten Aufladung von Kondensatoren beim Betreiben von Impulslasern, Blitzlampen oder anderen gepulsten Verbrauchern, die kurzzeitig hohe Energiedichten benötigen. Diese Vorrichtungen werden bekanntlich durch Hochspannungskondensatoren gespeist. Von ihrer wiederholten Aufladung mit möglichst konstanter Spannung hängt bei Lasern in hohem Maße die Stabilität ihrer Lichtemission ab.

Aus der Literatur sind bereits Schaltungen zum stabilisierten wiederholten Aufladen von Kondensatoren bekannt. Diese Geräte sind jedoch bei guter Stabilisierung und mittleren bis hohen Leistungen schaltungsmäßig sehr aufwendig.

In statischer Hinsicht gut stabilisierte Netzteile für Hochspannung mit Vorwiderständen und Hochspannungsschaltern (Funkenstrecken, Thyratrone) sind aufgrund ihres begrenzten Wirkungsgrades, der hohen statischen Belastung der Hochspannungskondensatoren und der niedrigen Repetitionsrate, insbesondere bei mittleren Leistungen von einigen Kilowatt, ungeeignet.

Beim Drosselaufwärtswandler entstehen Nachteile durch die Erzeugung unerwünschter Störsignale im Hochfrequenzbereich. Diese Kondensatorladeeinrichtungen, die mittels Impulsgenerator, Impulsverstärker, Impulstransformator und Hochspannungsgleichrichter mit einer Regelung der Impulsbreitenmodulation zur Hochspannungsstabilisierung arbeiten (wie sie beispielsweise aus der DE-OS 32 35 502 bekannt sind), sind zwar sehr gut stabilisiert, jedoch recht aufwendig in der Herstellung und nur für kleine Leistungen und niedrige Repetitionsraten geeignet.

Die Stabilisierung der Aufladung von Kondensatoren durch das Abzählen von hochtransformierten Hochfrequenzimpulsen mittels entsprechender digitaler Schaltungen kann höchstens bis auf die mit einem Impuls (1 Bit) verbundene Ladung oder ein entsprechendes Energiequantum genau erfolgen. Auf Grund der oberen Frequenzgrenze der benutzten Hochfrequenz von weniger als 20 kHz ist diese Stabilisierung vor allem bei hohen Repetitionsraten von mehr als 100 Hz sehr ungenau, da dann nur noch wenige Impulse bis zum nächsten Takt gezählt werden können und damit die relative Ungenauigkeit sehr groß wird.

Der Wirkungsgrad bei Leistungen von einigen Kilowatt ist bei den bisher bekannten stabilisierten Netzteilen schlecht, so daß für eine intensive Kühlung der Bauteile zu sorgen ist. Der technologische Aufwand für die zu stabilisierende Elektronik wächst mit der mittleren zu erzielenden Leistung stark an.

Eine unstabilisierte gepulste Hochspannungsversorgung für die Aufladung von Kondensatoren, von der die Erfindung ausgeht, ist aus der Veröffentlichung Pribori i tehnika experimenta Nr. 5 (1985), Seiten 107 bis 109, bekannt. Aufgrund der starken Abhängigkeit von Netzspannungsschwankungen konnte sich dieses Verfahren bisher nicht durchsetzen. Eine gewisse Vorstabilisierung war dabei bisher nur netzseitig durch große magnetische Spannungsconstanthalter zu erreichen.

Eine andere denkbare Variante, die Netzspannungsschwankungen über die Regelung des Phasenanschnittes in einer thyristorgesteuerten Gleichrichterbrücke auszugleichen, hat, abgesehen von der notwendigen auf-

wendigen Regelelektronik, den Nachteil, daß aufgrund der großen Phasenanschnittwinkel, die nötig sind, um in den Regelbereich zu gelangen, eine stark pulsierende Gleichspannung entsteht, die durch zusätzliche aufwendige Siebungsmaßnahmen zu glätten ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltung zur stabilisierten, gepulsten Hochspannungsversorgung, vorzugsweise zur Aufladung von Kondensatoren zu entwickeln, welche sich durch einen hohen Wirkungsgrad, gute Stabilität der Impulsspannung, geringe Störanfälligkeit, einfachen Aufbau sowohl bei hohem Leistungsbedarf als auch bei hohen Repetitionsraten auszeichnet.

Diese Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß — ausgehend von einer Gleichspannungsquelle mit einem nachgeschalteten steuerbaren Schaltelement, die über eine Drossel mit Spannungsverdopplung einen Kondensator auflädt, welcher danach durch ein nachfolgendes Schaltelement über die Primärwicklung mindestens eines nachfolgenden Impulstransformators T entladen wird und so sekundärseitig einen Spannungsimpuls erzeugt — dieser Spannungsimpuls eine besonders hohe Stabilität dann aufweist, wenn eine stabilisierte Aufladung des Kondensators durch die Steuerung der Spannungsverdopplung in der vom Aufladestrom durchflossenen Drossel erfolgt, wobei das Steuersignal für das Schaltelement, das die Drossel oder Teile von ihr kurzschließt, aus dem Vergleichsignal zwischen der aktuellen Spannung am Kondensator und der einstellbar zu stabilisierenden Sollwertspannung gewonnen wird.

Die Drossel und der Ladekondensator bilden einen Serienresonanzkreis, der durch die Schaltelemente jeweils für eine Schwingung angeregt wird, die sich mittels des Impulstransformators auf die gewünschte Spannung heraufsetzen läßt. Obgleich die Steuerung damit auf günstige Weise auf der Niederspannungsseite des Impulstransformators erfolgen kann, ergibt sich eine präzise einstellbare Impulsamplitude auf der Hochspannungsseite. Jegliche Spannungsschwankungen der Gleichspannungsquelle bzw. des Versorgungsnetzes lassen sich damit präzise ausregeln.

Die erfindungsgemäße Schaltung für eine gepulste Hochspannungsversorgung gestattet es, die Forderungen nach effektivem Energietransfer, geringem technologischem und materiellem Aufwand, geringem Platzbedarf und guter Stabilisierung zu verbinden. Durch die geringen Verluste des Verfahrens können aufwendige Kühlsysteme entfallen.

Durch den einfachen und störsicheren Aufbau, kann die Hochspannungsversorgung unkompliziert in andere Geräte wie Impulslaser integriert werden.

Die Stabilisierung der Impulshochspannung arbeitet im Bereich der Verdopplung der Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle. Verwendet man beispielsweise ein Sechstel des maximalen Wertes zur Ausregelung von Netzspannungsschwankungen, so ist die stabilisierte Hochspannung im oberen Drittel durch Verändern des Sollwertes E einstellbar, bzw. problemlos über einen Rechner zu steuern.

Die Hochspannungskondensatoren bleiben zwischen den Aufladezyklen hochspannungsfrei. Die im Vergleich zu anderen Netzteilen sehr kurzzeitige Impulsbelastung wirkt sich vorteilhaft auf die Lebensdauer der Hochspannungsbauteile aus.

Der Maximalwert der Hochspannung wird durch die Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle und das

Übersetzungsverhältnis des Impulstransformators bestimmt.

Wird der Impulstransformator als Abwärtsregler betrieben oder entfällt er ganz, können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch stabilisierte, stromstarke Niederspannungsimpulse erzeugt werden. In weiterer Ausbildung der Erfindung kann durch entsprechende lastseitige Kontrollmessungen die weitere Hochspannungserzeugung gesteuert und ein hoher Sicherheitsstandard gewährleistet werden.

Das erfindungsgemäße Prinzip gestattet es, sehr kleine kompakte Impulsnetzteile mit mittleren Leistungen im 10 kW-Bereich zu bauen. Impulsfrequenzen bis ca. 1 kHz sind möglich. Auch für höhere mittlere Leistungen und höhere Impulsfrequenzen ist die erfindungsgemäße Schaltung geeignet. Eine Synchronisation des Netzteils und der Laserimpulse mit anderen Geräten ist bis in den Nanosekundenbereich über einen internen Triggereingang möglich.

Einzelne Baugruppen der erfindungsgemäßen Schaltung können jeweils auch in unterschiedlicher Konfiguration zwei- oder mehrfach parallel vorgesehen sein, um auf diese Weise beispielsweise Schaltungen mit noch höherer Ausgangsleistung zu erzeugen oder aber gleichzeitig stabilisierte Hochspannungsimpulse unterschiedlicher Amplitude zu erzeugen.

Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet bzw. werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführung der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Diese zeigen ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Schaltung. Es zeigen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Schaltung in Blockdarstellung,

Fig. 2 eine detaillierte Darstellung des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1 sowie Fig. 3 eine Variante des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 2.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die erfindungsgemäße Hochspannungsversorgung in eine Impulsgaslasersource integriert.

Der Ausgang einer Gleichspannungsquelle G ist über ein Schalterelement V1 mit einer Drossel D verbunden und diese mittels eines weiteren Schalterelements V3 insgesamt oder teilweise kurzschließbar. Der zweite Anschluß der Drossel D liegt am Eingang eines Gleichrichterelements 2, welches ausgangsseitig mit einem Kondensator K verbunden ist. Hiermit wird eine Spannungsverdopplerschaltung gebildet, da durch die in der Drossel D gespeicherte Energie der Kondensator K auf einen Wert aufgeladen wird, der bis zum Doppelten der Spannung der Gleichspannungsquelle G beträgt. Der Wert der Spannung am Kondensator K, (Ladespannung U_k), dient zusammen mit einer einstellbaren, hochstabilisierten Sollwertspannung E als Eingangsgröße für eine Steuerschaltung S zur Steuerung des Schalterelements V3. Der Kondensator K ist über ein weiteres Schalterelement V2 mit der Primärwicklung eines Impulstransformators T verbunden. Aktiviert werden die Schalterelemente V1 und V2 nacheinander in vorgegebenem Zeitabstand durch das Ausgangssignal einer Steuerschaltung 1.

Im Betrieb wird bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel der in einen Impulsgaslaser integrierten Hochspannungsversorgung — ausgehend von der 6-Puls-Diodengleichrichterbrücke G mit Siebkondensator (1,5 mF) durch den Thyristor V1 (mit Schutzdiode) und die abschaltbare Drossel D (1,25 mH) und die Gleichrichter-

diode 2, der Kondensator K (66 μ F) auf maximal das Doppelte der Eingangsgleichspannung G in bis zu ca. 900 μ s aufgeladen. Da die Drossel D durch die Beschaltung mit einem Kondensator einen Teil eines Schwingkreises darstellt, bildet sich eine Teilschwingung aus.

Wenn eine durch Spannungsteilung von der Ladespannung U_k abgeleitete Teilspannung U_t den Wert der Vergleichsspannung E erreicht, wird durch Zünden des die Drossel abschaltenden schnellen Thyristors V3 der Aufladevorgang abgebrochen und so unabhängig von Netzspannungsschwankungen eine Stabilisierung der Ladespannung U_k erreicht. Durch einen zeitverzögert (um ca. 1 ms) getriggerten schnellen Thyristor V2 wird die Energie des Kondensators K über den Impulstransformator T (Übersetzungsverhältnis ca. 1 : 30) resonant auf den Hochspannungskondensator (70 nF) des nachgeschalteten Impulsgaslaser übertragen.

Die einzuhaltende Sollspannung der Hochspannungsimpulse ist um den Faktor eines mit dem Kondensator K verbundenen Ausgangsspannungsteilers, multipliziert mit dem Übersetzungsverhältnis des Impulstransformators größer als die Vergleichsspannung E. Damit kann die Amplitude der Hochspannungsimpulse mit einer niedrigen, einfach zu handhabenden Spannung beeinflusst werden.

Durch das Zünden des Lasers wird der Hochspannungskondensator entladen, so daß die Hochspannung nur ca. 30 μ s lang anliegt. Die nur kurzzeitige Impulsbelastung der Hochspannungsbauteile wirkt sich günstig auf ihre Lebensdauer aus. Die maximal mögliche Repetitionsrate des Ausführungsbeispiels liegt bei nahezu 1 kHz. Die Hochspannungsversorgung ist unmittelbar neben der Entladeeinheit des Lasers angeordnet, wodurch der Laserkopf keine langen Hochspannungszuleitungen benötigt und sich die Gefährdungen durch Hochspannung vermindern. Störungen durch die Laserentladungen haben keinen Einfluß auf den Betrieb der Hochspannungsversorgung.

Der Wirkungsgrad der Hochspannungsversorgung ist besser als 85%. Die Schwankungen der Hochspannung von Impuls zu Impuls sind dabei kleiner als 1%. Der Einstellbereich der stabilisierten Ausgangsspannung liegt zwischen 18 und 27 kV. Auch kann die exakte Triggerung der Laserimpulse ohne weiteres von anderen Lasern oder Ereignissen ausgelöst werden. Der Aufbau der stabilisierten gepulsten Hochspannungsversorgung als selbständiges Gerät ist ebenfalls möglich.

Die in Fig. 2 dargestellte Schaltung zeigt in detaillierter Form das Ausführungsbeispiel, welches in Fig. 1 als Blockschaltbild dargestellt ist. Die Gleichspannungsquelle G ist als Netzteil ausgebildet, wobei Drosseln Dr1 bis Dr3 mit jeweils einer Phase eines Drehstromnetzes verbunden sind. Über eine Gleichrichterbrücke G1 bis G6 wird ein Siebkondensator C1/C2 aufgeladen, der aus Spannungsgründen aus zwei in Serie geschalteten Kondensatoren C1 und C2 besteht, denen jeweils ein Widerstand R1 und R2 parallelgeschaltet ist. Die steuerbaren Gleichrichter V1 und V2, die vor der Drossel D3 bzw. hinter einem Kondensator C3 angeordnet sind, sind jeweils mit einer antiparallel geschalteten Diode G8 bzw. G9 versehen, welche bei entsprechenden Spannungsspitzen eine Rückladung auf die Kondensatoren C1/C2 bzw. C3 ermöglicht. Die Diode 2 zwischen der Drossel D2 und dem Kondensator C3 sperrt den Stromrückfluß vom Kondensator C3 in den Kondensator C3 entladende Richtung.

Der Thyristor V3 wird über einen Trenntransformator Tr angesteuert, wenn an einem Komparator 3 eine

einstellbare Vergleichsspannung gleich der an einem einen Teil eines Spannungsteilers (Widerstände R_4 bis R_6) bildenden Widerstand R_6 abfallenden Teilspannung ist. Die Teilspannung am Widerstand R_6 entspricht der Versorgungsspannung der sekundärseitig am Impulstransformator T anstehenden Hochspannungsimpulse unter Berücksichtigung des Übersetzungsverhältnisses des Impulstransformators T und dem Teilungsverhältnis des Spannungsteilers R_4 bis R_6 .

Damit kann die Amplitude der Hochspannungsimpulse durch Veränderung einer wesentlich niedrigeren Vergleichsspannung (Pfeil zum Block E hin) verändert werden. Der Ausgang des Impulstransformators T ist mit der Laserquelle L über eine gleiche Gleichrichterdiode G_7 verbunden. Die Sekundärwicklung des Impulstransformators T ist an einer Mittelanzapfung geerdet. Die Laserquelle L ist mit der Stromversorgungsschaltung zu einer Baugruppe zusammengefaßt, so daß die Verbindung zwischen dem Impulstransformator T und der Laserquelle sehr kurz gehalten werden können. Die gesamte Baugruppe ist lediglich mit einem Netzkabel an das Versorgungsnetz anzuschließen.

Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Drossel schaltungsmäßig lediglich während der Zeiten, in denen der Thyristor V_1 durchgeschaltet ist, mit dem Potential der Siebkondensatoren C_1/C_2 verbunden. Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel ist eine Vereinfachung vorgesehen, welche dann vorgenommen werden kann, wenn keine potentialmäßige Trennung zwischen der Drossel D und den Kondensatoren C_1/C_2 nötig ist. In diesem Fall ist der Thyristor V_1 mit der Diode 2 des Ausführungsbeispiels von Fig. 2 zusammengefaßt. Es entfällt auch der Gleichrichter G_8 .

Als weitere Variante ist eine Rückführung von der Laserquelle L zum Steuerteil 1 vorgesehen, wobei in Abhängigkeit von Lastparametern die Impulszahl, d. h. die Zahl der Steuerzyklen, für die Schaltung variiert werden kann. Auf diese Weise kann die bereitgestellte Hochspannungsleistung in weiten Grenzen an den tatsächlichen Bedarf angepaßt werden. So kann beispielsweise die zur Verfügung gestellte Anzahl der stabilisierten Impulse zwischen 0 und der benötigten maximalen Zahl verändert werden.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf das vorstehend angegebene bevorzugte Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch macht.

Patentansprüche

1. Schaltung zur stabilisierten Erzeugung von Hochspannungsimpulsen mit vorgegebener Rate, wobei ausgehend von einer Gleichspannungsquelle (G) mit einem ersten Schalterelement (V_1), das im Takte der vorgegebenen Rate über eine Drossel (D) einen nachgeschalteten Kondensator (K) in einer so gebildeten Spannungsverdopplerschaltung auflädt, welcher anschließend über ein nachfolgendes weiteres Schalterelement (V_2) und zeitverzögert ebenfalls im Takte der vorgegebenen Rate über die Primärwicklung eines Impulstransformators (T) entladen wird, an dem sekundärseitig die Hochspannungsimpulse anstehen, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Aufladung des Kondensators (K) auf eine gleichbleibende Spannung unterhalb der doppelten Spannung der Gleichspan-

nungsquelle eine Schaltung zur Steuerung der vom Ladestrom durchflossenen Drossel (D) in einen Freilaufzustand vorgesehen ist, sobald diese Spannung einen vorgegebenen Wert erreicht hat, die unter Berücksichtigung des Übersetzungsverhältnisses des Impulstransformators (T) der Sollspannung der Hochspannungsimpulse entspricht.

2. Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Freilaufzustand der Drossel (D) durch Kurzschließen der gesamten Wicklung oder Teilen davon mittels eines Schalterelements (V_3), gesteuert durch ein von der Ladespannung des Kondensators (K) abgeleitetes Steuersignal, erzeugt wird.

3. Schaltung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuersignal für das Schalterelement (V_3), das die Drossel (D) oder Teile von ihr kurzschließt, mittels eines Komparators (3) aus dem Vergleichssignal zwischen der aktuellen Spannung am Kondensator (K) und einer einstellbaren stabilisierten Sollwertspannung (E) abgeleitet wird.

4. Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärwicklung des Impulstransformators (T) geteilt ist.

5. Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anzapfung der Sekundärwicklung des nachgeschalteten Impulstransformators (T) geerdet ist.

6. Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator (K) in seiner Kapazität umschaltbar und vorzugsweise resonant der Last angepaßt ist.

7. Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Gleichspannungsquelle (G) eine Batterie, eine Solarzellenvorrichtung oder eine Netzgleichrichterschaltung mit Siebkondensatoren vorgesehen ist.

8. Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die hochstabilisierte Sollwertspannung (E) digital oder analog einstellbar ist.

9. Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalterelemente (V_1 , V_2 und V_3) durch mindestens ein steuerbares Halbleiterbauelement, insbesondere einen Thyristor, oder mindestens eine Elektronenröhre gebildet werden.

10. Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einem Schalterelement (V_1 , V_2) eine entgegengesetzt zur Durchlaßrichtung des Schalterelements gepolte Diode (G_8 , G_9) parallelgeschaltet ist.

11. Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Rate der Impulse in Abhängigkeit von einem Lastparameter veränderbar ist.

12. Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß hochspannungsseitig mindestens eine weitere, eine steuerbare Freilaufschaltung aufweisende Drossel vorgesehen ist.

13. Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit einer Laserquelle (L) eine gemeinsame räumlich zusammengefaßt aufgebaute Baugruppe bildet.

14. Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die ange-

geschlossene Last einen mit den Hochspannungsimpulsen aufzuladenden Kondensator aufweist.

15. Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulstransformator in Resonanz arbeitet.

5

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

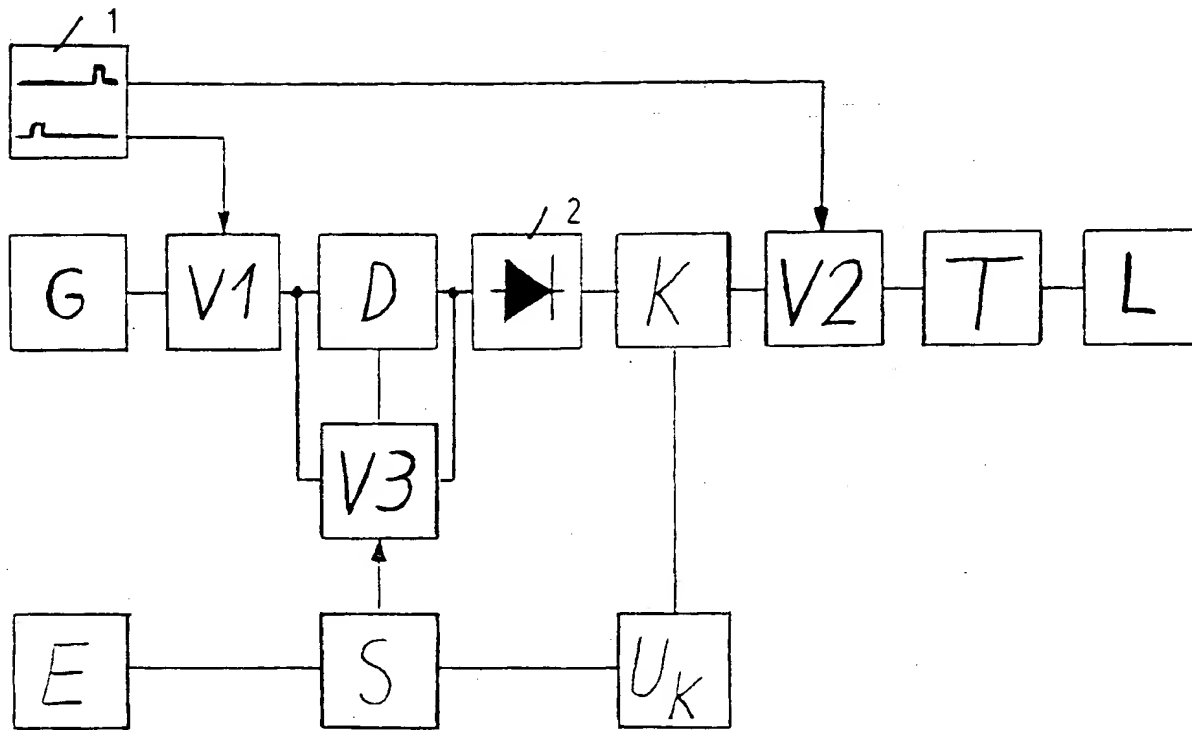


Fig. 1

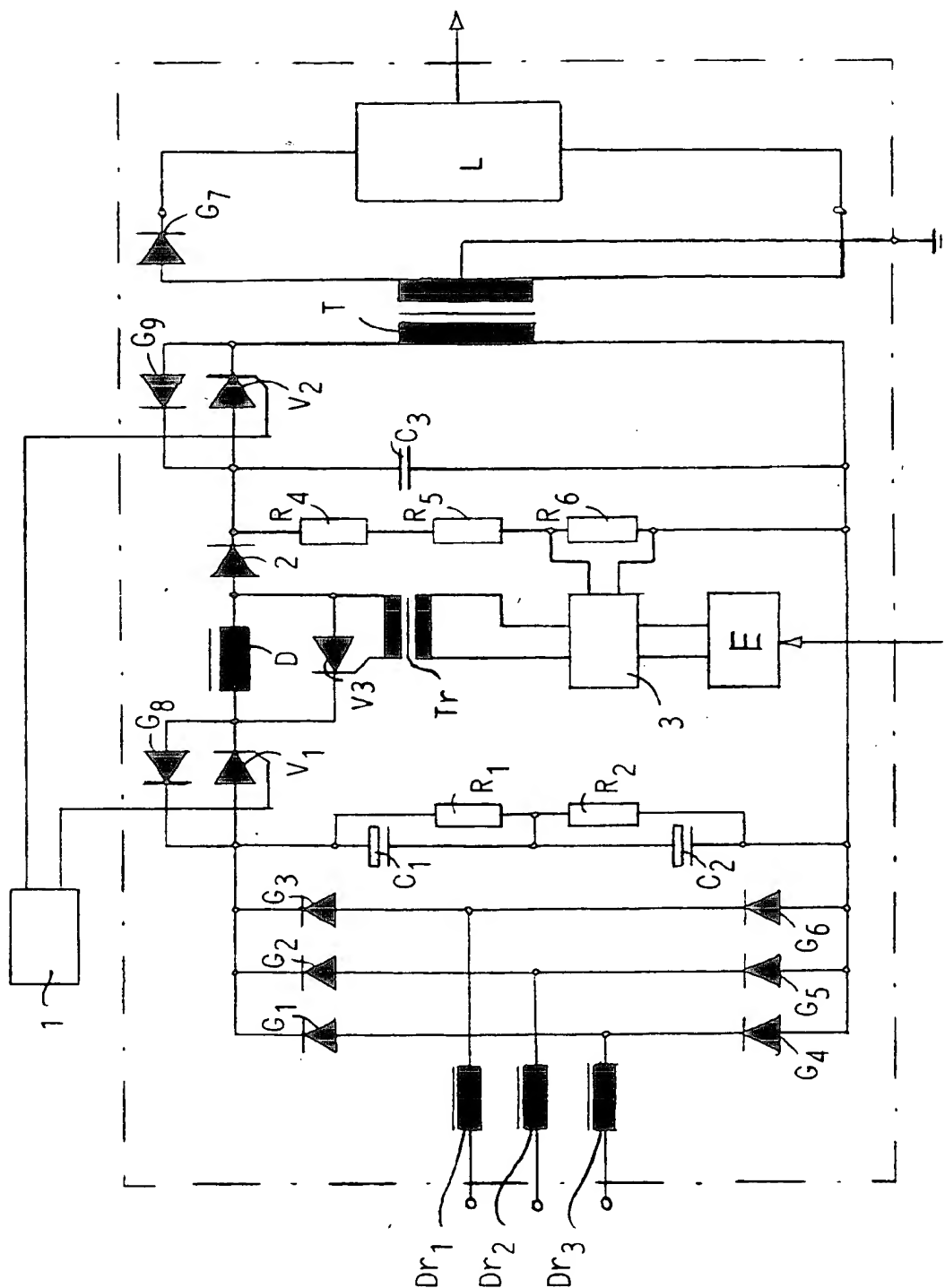


Fig. 2

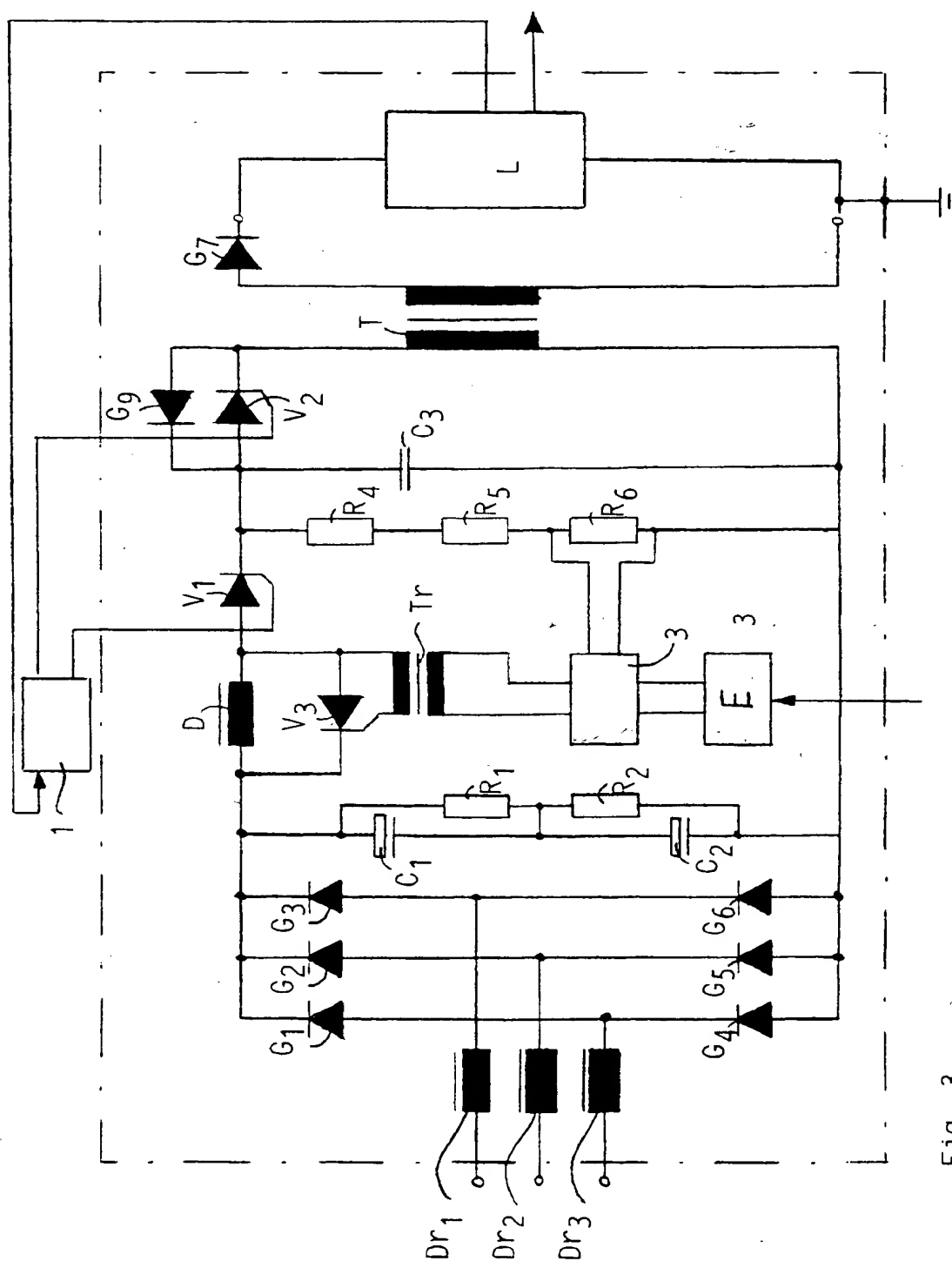


Fig. 3